

УДК 616.341+612.014.423+616.055.4

В. М. Крыса, С. Н. Геных, М. И. Горлачев

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ ТРАНСМУРАЛЬНОЙ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ПРИ ИШЕМИИ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА

В литературе последних лет появились работы по экспериментальному исследованию биопотенциалов кишечника [1, 5, 6, 7]. Так, при изучении зависимости между наличием быстрых пиковых потенциалов и медленных электрических волн с одной стороны и сокращениями кишки в поперечном направлении с другой, констатировано постоянство биопотенциалов в здоровом организме [8]. В то же время, под действием анестезии, при экспериментальных моделях непроходимости и некоторых других патологических состояниях характер биологических потенциалов изменялся. В острых опытах на собаках установлено [2], что странгуляционная непроходимость тонкого кишечника вызывала фазные изменения электрической активности, специфические для каждого отдела кишечной трубки. Однако биопотенциалы не отражают состояния слизистой оболочки кишки, которая на патологические воздействия реагирует быстрее, чем гладкая мускулатура кишки.

Более чувствительным является измерение трансмуральной разности потенциалов (ТРП), регистрируемой между слизистой и серозной оболочками стенки кишки. Согласно литературным данным [11, 13], ТРП можно рассматривать как электрическое отображение функции калиево-натриевого насоса. В норме ТРП стенки кишки белых лабораторных крыс составляет 5,4 мВ. При стрессовых состояниях она может увеличиваться до 22,0 мВ, а во время ишемии уменьшаться [9, 10]. На основании исследования ишемизированных участков кишки сделано заключение [12], что сегмент, у которого ТРП меньше 1 мВ, после восстановления кровотока не выживает.

Мы исследовали ТРП между слизистой и серозной оболочками тонкой кишки в норме, при экспериментальной ишемии различной продолжительности (15, 30, 45 и 60 мин) с последующим восстановлением кровотока, а также изменение ТРП при различных температурных режимах (4, 10, 20 и 37 °C).

Методика исследований

Исследования проведены на 44 белых лабораторных крысах линии Вистар массой 180—200 г, разделенных на две серии по 22 животных. Животных I серии разделили на четыре группы, состоящие из 5—6 крыс каждая. Исследовали динамику изменения ТРП при ишемии сегмента тонкой кишки через 15, 30, 45 и 60 мин с последующим восстановлением кровотока. Температура кишки на протяжении всего времени опытов находилась в пределах 37—38 °C. Животных II серии также разделили на четыре группы и определяли изменения ТРП в резецированных петлях тонкой кишки при температурах 4, 10, 20 и 37 °C.

Под общим эфирным наркозом срединным разрезом послойно вскрывали брюшную полость. Для исследования использовали среднюю часть тонкой кишки длиной 5—6 см, которую выводили наружу. Временную ишемию моделировали с помощью накладывания эластичного зажима на сосудистую ножку выведенной петли. Необходимый температурный режим резецированного сегмента кишки достигали путем помещения его на водяную баню, в которой поддерживали заданную температуру (4, 10, 20 и 37 °C).

Для измерения ТРП использовали универсальный электронный высокоомный цифровой вольтметр модели В7-21. Трансмуральную разность потенциалов определяли в ишемизированной и контрольной петлях с помощью стандартных платиновых электродов ЭПВ-1. Один электрод фиксировали таким образом, чтобы слизистая оболочка, рассеченная вдоль кишки, находилась в постоянном контакте с рабочей поверхностью электрода. Второй электрод закрепляли на серозной оболочке кишки.

Трансм
рых лабора
мая разнос
на одном у
наркоза до
Прекра
зывало пик

Рис. 1.
тонкойРис. 2.
т

блюдения с
0,6 мВ на
тока после

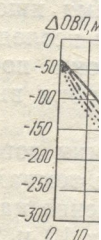


Рис. 3. Характ

Стрелками у
Рис. 4. Характ

Стрелкой указан

кого потенци
лением к но
ляризация п
4,9±0,6 мВ,
на протяжен
10 мин ($p <$
мии приводи
ла 3,0±0,2 м
0,7—0,8 мВ.

Результаты исследований

Трансмуральная разность потенциалов в стенке тонкой кишки белых лабораторных крыс в норме составляла $3,9 \pm 0,4$ мВ. Наблюдаемая разность потенциалов в течение длительного времени сохранялась на одном уровне и увеличивалась после прекращения дачи эфирного наркоза до $4,5 \pm 0,3$ мВ.

Прекращение кровообращения в исследуемом сегменте кишки вызывало пиковое увеличение ТРП до $5,6 \pm 0,5$ мВ в первые 5–8 мин на-

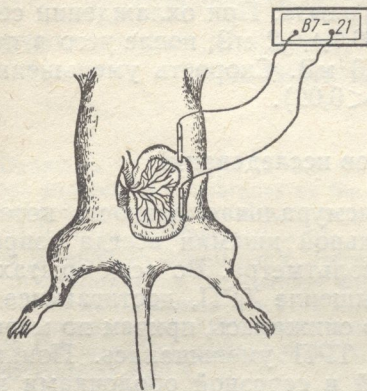


Рис. 1. Схема измерения трансмуральной разности потенциалов в стенке тонкой кишки с помощью высокоомного электронного цифрового вольтметра В7-21.

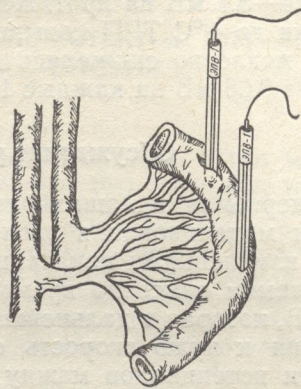


Рис. 2. Схема наложения платиновых электродов ЭПВ-1 при регистрации трансмуральной разности потенциалов в стенке тонкой кишки.

блюдения с последующим снижением показателя со средней скоростью $0,6$ мВ на каждые 10 мин ишемии ($P < 0,001$). Возобновление кровотока после 15 и 30 мин ишемии сопровождалось всплеском электричес-

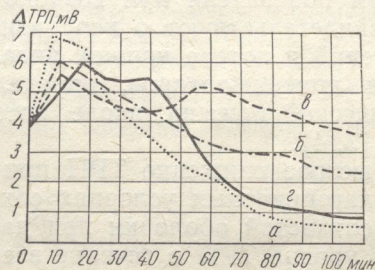
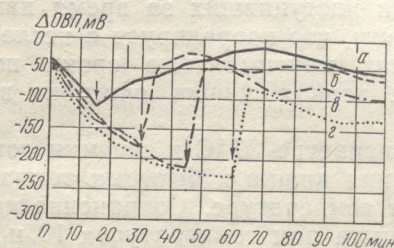


Рис. 3. Характер изменения трансмуральной разности потенциалов при временной ишемии сегмента тонкой кишки.

Стрелками указано начало и конец ишемии; α — ишемия — 15, β — 30, γ — 45, δ — 60 мин.

Рис. 4. Характер изменений трансмуральной разности потенциалов изолированного сегмента тонкой кишки при различных температурах.

Стрелкой указано начало изоляции сегментов кишки: α — температура 4, β — 10, γ — 20, δ — 37 °C.

кого потенциала, достигающим $6,8 \pm 0,2$ мВ с последующим восстановлением к нормальным величинам на протяжении 20–30 мин. Реваскуляризация после 45 мин ишемии сопровождалась подъемом ТРП до $4,9 \pm 0,6$ мВ, после чего наблюдалось медленное снижение потенциала на протяжении 40 мин до $3,3 \pm 0,2$ мВ со скоростью $1,6$ мВ на каждые 10 мин ($p < 0,005$). Восстановление кровообращения после 60 мин ишемии приводило к наименьшему увеличению ТРП, которая не превышала $3,0 \pm 0,2$ мВ, после чего наблюдалось дальнейшее снижение ТРП до $0,7–0,8$ мВ.

После резекции сегмента кишки и помещения его на водяную баню с температурой 37°C наблюдалось увеличение ТРП до $6,8 \pm 0,3$ мВ и последующее быстрое понижение ее на протяжении 80 мин до $0,9 \pm 0,2$ мВ со средней скоростью снижения $0,7$ мВ на каждые 10 мин ($p < 0,001$). Охлаждение сегмента кишки до 20°C сопровождалось первичным увеличением ТРП до $6,6 \pm 0,25$ мВ, затем следовало равномерное снижение ТРП до $2,3 \pm 0,3$ мВ со средней скоростью $0,37$ мВ на каждые 10 мин ($p < 0,002$). Гипотермия до 10°C сопровождалась первичным повышением потенциала до $5,5 \pm 0,4$ мВ с последующими колебаниями в пределах $4,4$ — $5,7$ мВ на протяжении всего опыта. При охлаждении сегмента кишки до 4°C ТРП повышалась до $6,0 \pm 0,2$ мВ, после чего в первые 20 мин медленно снижалась до $5,5 \pm 0,3$ мВ. Скорость уменьшения составляла $0,35$ мВ на каждые 10 мин ($p < 0,02$).

Обсуждение результатов исследований

Измеряемая в наших опытах трансмуральная разность потенциалов при моделировании экспериментальной ишемии всегда сопровождалась изменениями показаний милливольтметра. Во всех опытах в начале ишемии отмечено временное повышение ТРП, достигающее $6,8 \pm 0,2$ мВ, которая в дальнейшем быстро снижалась, причем по мере приближения к нулю скорость снижения ТРП уменьшалась. Понижение разности потенциалов между слизистой и серозной оболочками кишки связано, по-видимому, с нарушением обмена веществ и функции калиево-натриевого насоса в слизистой оболочке, наиболее чувствительной к ишемии. Высокоамплитудный всплеск потенциала, наблюдаемый при реваскуляризации после 15, 30, а также 45 мин ишемии и последующее восстановление ТРП к нормальным показателям свидетельствуют об обратимости процессов, наступающих во время ишемии и сохранении жизнеспособности кишки, что подтверждает высокую компенсаторную способность слизистой оболочки [3]. Выраженное снижение ТРП и низкоамплитудный всплеск потенциала с последующим дальнейшим снижением показателя при возобновлении кровотока после 60 мин ишемии свидетельствуют о необратимости наступивших за время ишемии изменений и потере кишки витальности, что коррелирует с исследованиями других авторов, определявших максимальные сроки нормотермической ишемии, после которых тонкая кишка способна выживать [3, 4].

Быстрое снижение ТРП при температуре 37°C и ишемии говорит о неблагоприятных условиях сохранения кишки и быстрых темпах гибели слизистой оболочки при данной температуре. Сохранение на высоком уровне ТРП в течение всего опыта при температурах 10 и 20°C указывает на длительное сохранение кишки жизнеспособности в этих температурных режимах. При гипотермии до 4°C первичный всплеск ТРП достигает максимального подъема в два раза медленнее, чем при более высоких температурах, причем после удержания ТРП на протяжении 25 мин практически на одном уровне следует быстрое снижение потенциала со скоростью, приближающейся к скорости, наблюдаемой при температуре 37°C . Эти изменения указывают, по-видимому, на значительное снижение обменных процессов в стенке изолированного сегмента кишки.

Выводы

1. Метод измерения трансмуральной разности потенциалов в стенке тонкой кишки стандартными электродами ЭПВ-1 с регистрацией на высокоомном электронном цифровом вольтметре модели В7-21 является простым и надежным. Его можно использовать для определения жизнеспособности тонкой кишки при различных патологических состояниях.

2. С
мые изм
3. М
но быст
45 мин.
4. Н
кишки в

DYN

Dyna
mucosal a
ring temp
TPD SI in
ference is
 ± 0.5 mV
a 15 and
sated low
Outside th
a tempera

Departmen
Institute,

1. Геных
- боле:
2. Гройс
- лудка
- логия
3. Логин
- свойс
- сы.—
4. Меце
- мичес
- бы с
5. Паназ
- № 2,
6. Cormi
- intesti
7. Chem
- grèle
- N 28,
8. Elay
- tes el
9. Ewe
- colon
10. Florai
- le chi
11. Giord
- fluida
- N 18,
12. Nelso
- J. Su
13. Pose
- role

Кафедра
Ивано-Ф

го на водяную баню ТРП до $6,8 \pm 0,3$ мВ. Через 80 мин до $0,9 \pm 0,2$ мВ (10 мин ($p < 0,001$)). С первичным умеренным снижением на каждые 10 мин первичным повышением колебаниями в преклаждении сегмента после чего в первые 10 мин уменьшения со-

2. Снижение ТРП кишки до 1,0 мВ и ниже указывает на необратимые изменения в стенке тонкой кишки и потерю ее жизнеспособности.

3. Максимальный срок тепловой ишемии, после которого возможно быстрое возвращение ТРП к нормальным величинам, составляет 45 мин.

4. Наименьшие изменения ТРП изолированного сегмента тонкой кишки вне организма наблюдаются при охлаждении ее до $10-20^\circ\text{C}$.

V. M. Krysa, S. N. Genyk, M. I. Gorlachev

DYNAMICS OF CHANGES IN TRANSMURAL POTENTIAL DIFFERENCE WITH ISCHEMIA OF SMALL INTESTINE

Summary

Dynamics of changes in the transmural potential difference (TPD) between the mucosal and serous membranes of the rat small intestine (SI) was studied in norm during temporary experimentally caused ischemia (15, 30 and 60 min) as well as in the TPD SI in vitro at temperatures 0° , $+10^\circ$ and $+37^\circ\text{C}$. Normal transmural potential difference is equal to 3.9 ± 0.4 mV. Ischemia causes a sharp increase in the TPD to 5.6 ± 0.5 mV followed by its decrease with an average rate of 0.6 mV each 10 min. After a 15 and 30 min ischemia the TPD becomes normal; a 60 min ischemia causes decompensated lowering of the TPD which continues decreasing after the blood flow restoration. Outside the organism without using conservative solutions the TPD is best retained at a temperature of $+10^\circ\text{C}$.

Department of Hospital Surgery, Medical Institute, Ivano-Frankovsk

Список литературы

1. Геньк С. Н., Кителло М. В., Крыса В. М. Электроэнтерография при некоторых заболеваниях желудочно-кишечного тракта.— *Врачеб. дело*, 1977, № 7, с. 40—42.
2. Гройсман С. Д., Лукацкий Р. А., Плоткин Э. Л. Электромоторная активность желудка и тонкого кишечника при странгуляционной непроходимости.— *Патол. физиология и эксперим. терапия*, 1976, № 4, с. 45—50.
3. Логинов Г. И., Таджибаева М. И., Кузьмина С. Ф. Характеристика реактивных свойств кишечного эпителия после ишемии различных участков кишечника у крысы.— *Науч.-исслед. работы ЦНИЛ мед. вузов Узбекистана*, 1974, т. 2, с. 39—40.
4. Мецержакова М. А., Мурашова О. Б., Савин Н. К. Некоторые закономерности ишемического процесса в тонкой кишке.— В кн.: *Острая ишемия органов и меры борьбы с постишемическими расстройствами*. М., 1973, с. 78—79.
5. Папазова М. Биопотенциалы и стомато-чревна моторика.— *Природа (НРБ)*, 1976, № 2, с. 9—12.
6. Cormichael M. J., Weisbrodt N. W., Copeland E. M. Effect of abdominal surgery on intestinal myoelectric activity in the dog.— *Amer. J. Surg.*, 1977, 133, N 1, p. 34—38.
7. Chemin P., Saric J., Paty J. et al. Entegistrement de l'activite electrique de l'intestin grêle par l'electroentérogaphie: preuesexperimentales.— *Bordeaux med.*, 1977, 10, N 28, p. 1983—1990.
8. Elay R., Lambert A., Le Huan Y. et al. Correlation entre la motoricita et les activites electriques intestinales.— *Biol. et gastroenterol.*, 1976 (1977), 9, N 4, p. 309.
9. Ewe K., Eichhrn T., Wanitsche R. et al. Electrical potential difference 6(PD) in rat colon under stress.— *Eur. J. Clin. Invest.*, 1977, 7, N 3, p. 249.
10. Floramonti Y., Kuckebusch J. Potential transmular et profil moteur de l'intestin chez le chien.— *C. r. Soc. biol.*, 1978, 172, N 1, p. 186—190.
11. Giordana B., Sacchi F. Parametri elettrici, concentrazioni, ioniche e trasporto di fluido nel colon isolato di Rana e soulenta.— *Bull. Soc. ital. biol. sper.*, 1976, 52, N 18, p. 148.
12. Nelson G. Y., Braxton G. Potential difference as an estimate of intestinal viability.— *J. Surg. Res.*, 1975, 18, N 6, p. 611—614.
13. Pose R. C., Nahrmold D. L., Koch M. J. Electrical potential profile in rabbit ileum, role of rheogenesis Na^+ transport.— *Amer. J. Physiol.*, 1977, 232, N 1, E5—E12.

Кафедра госпитальной хирургии
Ивано-Франковского медицинского института

Поступила в редакцию
10.1 1980 г.

разность потенциа- всегда сопровож- во всех опытах в на- достигающее $6,8 \pm$ причем по мере при- алась. Понижение оболочками кишки в и функции кали- еее чувствительной наблюдаемый при иии и последующее идетельствуют об емии и сохранении ю компенсаторную ижение ТРП и низ- и дальнейшим сни- после 60 мин ише- за время ишемии ирует с исследова- ные сроки норма- а способна выжи-

и ишемии говорит быстрых темпах ги- Сохранение на вы- ературах 10 и 20°C способности в этих первичный всплеск медленнее, чем при ния ТРП на протя- е быстрое снижение ости, наблюдаемой о-видимому, на зна- изолированного сег-

потенциалов в стен- с регистрацией на модели В7-21 явля- ь для определения тологических состо-